

Das digitale Bild als Ideenakzelerator

Katharina Richter

Neben der Frage, wie heute digitale Bildverfahren am Architekturdentwurf partizipieren, stellt sich die Frage danach, wie das allgegenwärtige, allseits verfügbare, weltweit zugängliche digitale Bild Einfluss auf Entwurfsprozess sowie Entwurfsprodukt nimmt.

Der Beitrag widmet sich der Bedeutung des digitalen Bildes aus dieser besonderen Perspektive heraus. Er beleuchtet den Einfluss digitaler Bildmedien auf das architektonische Entwerfen als Akzelerator von Entwurfsideen und hinterfragt deren Rolle beim Transport von Entwurfswissen und Entwurfserfahrung. Neben der Frage nach der physischen Qualität des digitalen Bildes stellt sich die Frage nach der Qualität des Abgebildeten. Dies ganz besonders vor dem Hintergrund der Institutionalisierung von Online-Angeboten für Architekten. Motiviert wird diese Auseinandersetzung durch bei der Betreuung eines interdisziplinären Lehrprojektes an der Bauhaus-Universität Weimar gemachte Beobachtungen und gesammelte Erfahrungen. Diese besitzen das Potenzial, gewonnene Erkenntnisse zu bestätigen, und werden zur Illustration herangezogen.

Die Reflexionen dieses Beitrages finden vor dem Hintergrund einer kritischen Auseinandersetzung mit einem auf das architektonische Entwerfen angewandten Paradigma aus der künstlichen Intelligenz statt. Sie verbinden Erkenntnisse aus Entwurfstheorie, Architekturinformatik, Kognitionswissenschaft und IT.

Ausgangspunkt

Neben der Aufhebung der Grenze zwischen digitaler Bilder- und materieller Objektwelt in der baulichen Umwelt beobachtet man immer deutlicher die Durchtränkung des architektonischen Entwurfsalltags mit digitalen Medien. Computer Aided Architectural Design, leistungsfähige Modeller und Renderer, in Zukunft immer stärker virtuelle Realität und erweiterte Realität zogen und ziehen in den Alltag entwerfender Architekten ein. Quell dieser Bewegung sind in großem Umfang Universitäten und Hochschulen, an denen Novizen die Gelegenheit erhalten, sich in diesen Techniken und Technologien zu erproben und so auch forschungsnahes Fachwissen zu erwerben.

In diesem universitären Umfeld ist ein Projekt angesiedelt, welches neben dem allgegenwärtigen Ziel, dem Architekten digitale Werkzeuge und Technologien zur Verfügung zu stellen, für die vorzustellenden Forschungsergebnisse Anlass, Ausgangspunkt und Motivator darstellte. Das Projekt ist eingebettet in ein umfangreiches Forschungsvorhaben, welches sich in umfassendem Maß mit dem Case-based Design Paradigma (siehe folgender Abschnitt) und -Systemen in der Architektur beschäftigt.

In einem interdisziplinären Lehrprojekt an der Bauhaus-Universität Weimar (2003–2006), Projektbeteiligte waren der Lehrstuhl für Entwerfen und Wohnungsbau und der Lehrstuhl Informatik in der Architektur, beschäftigten sich Studierende mit der Analyse von zeitgenössischen und historischen Wohnungsbauprojekten und dem Aufbau einer Online-Datenbank.¹ Sie recherchierten und analysierten eine definierte Anzahl von Wohnungsbauprojekten. Nach Abschluss dieser Analyse pflegten sie ausgewählte Projekte, repräsentiert durch aussagekräftiges Bildmaterial (Fotografien, aufgearbeitete Grundrisse und Schnitte, Animationen) und ergänzt durch prägnante Texte mittels eines Web-Front-Ends, in eine Online-Datenbank ein (Abb. 1).

Eine vordefinierte Liste, bestehend aus 52 Kriterien in acht Oberkategorien, diente als Orientierungshilfe für diese Analyse. Als Oberkategorien fungierten: Haustypologie, Erschließungstypologie, Wohnungstypologie, Konstruktion, Fassade, privater Außenraum, Innenraum und Nutzung.

Der Begriff Kriterium versteht sich hierbei als Beschreibung der Eigenschaften von Architekturprojekten. Die Kriterien dienten neben ihrer Funktion als Orientierungshilfe während der Analyse auch als Mittel zur Datenbankstrukturierung und als Hilfsmittel bei der Suche in der Datenbank (Abb. 2). Neben der Suche nach analysierten Kriterien erlauben Indizes wie Architekt, geografische Lage, Baujahr und Projektname die Suche nach Faktendaten.

Das Ergebnis dieses Lehrprojektes ist eine im derzeitigen Stand rund 600 Wohnungsbauprojekte umfassende Online-Datenbank mit ca. 1.200 analysierten Kriterien, illustriert durch über 6.800 eingepflegte digitale Bilddateien.

Konzept – Benutzung der Datenbank

Dieses Projekt wird auf drei verschiedene Arten von Lehrenden und von Studierenden im Hauptstudium Architektur genutzt: Die am Seminar teilnehmenden Studierenden beschäftigten sich intensiv mit der Analyse von Wohnungsbauprojekten und erweiterten, geleitet durch die fachspezifischen Konzepte, die sich hinter den Kriterien verbergen, ihr Wissen und ihre Erfahrungen im Fachgebiet Wohnungsbau. Der zweite Aspekt ist die Nutzung der

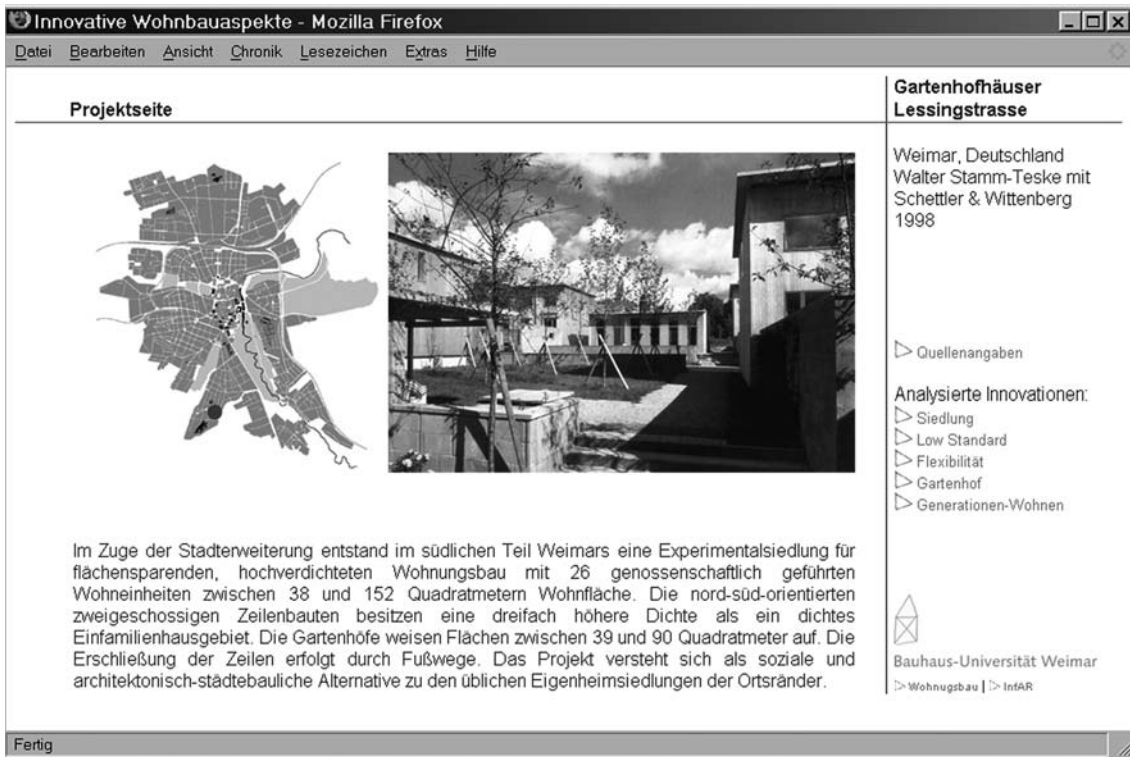


Abb. 1: Projektseite eines analysierten Wohnungsbauprojektes

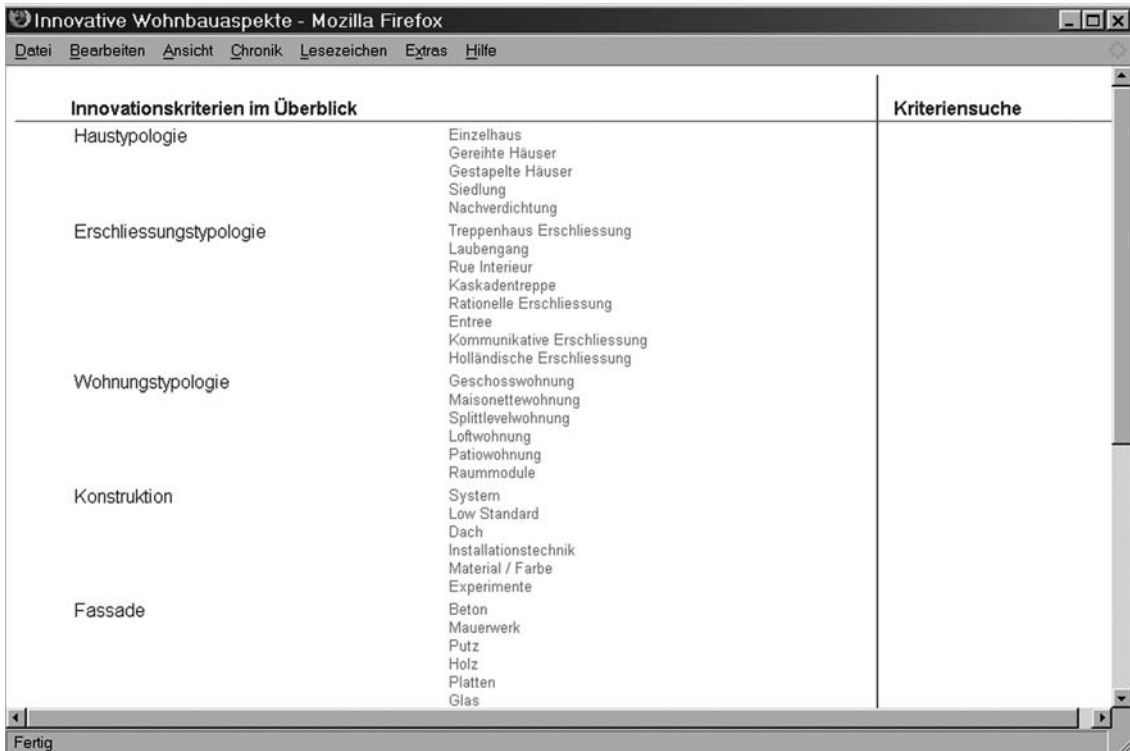


Abb. 2: Kriteriensuchseite (Ausschnitt)

Datenbank als reiche Quelle von Referenzobjekten. Lehrende nutzen sie zur Illustration ihrer Erläuterungen während der Konsultation zu Wohnungsbauentwurfsprojekten. Studenten erhalten dadurch ein besseres Verständnis ihrer eigenen Entwurfsabsichten. Studierende nutzen die Datenbank zur Kommunikation ihrer Entwurfsideen. In der Konzeptphase der Entwürfe dienen die in der Datenbank eingepflegten Projekte als Quelle der Inspiration, sie unterstützen analoges Schließen (analogical reasoning).

Case-based Reasoning im architektonischen Entwurf

Auf der Feststellung gründend, dass Architekten beim Lösen von Entwurfsaufgaben häufig von Vorgängerbauten (oft bezeichnet als „Referenzobjekte“ oder in ähnlicher Bedeutung englisch „Precedents“) Gebrauch machen, entstanden seit Beginn der 1990er-Jahre eine Vielzahl von prototypischen Systemen und Konzepten, die diese Entwurfsstrategie unterstützen.²

Diese Systeme basieren auf dem KI-Konzept des Case-based Reasoning (CBR; deutsch: fallbasiertes Schließen), einem Paradigma, welches für das Wiederverwenden von Erfahrungen aus der Vergangenheit zur Lösung gegenwärtiger Probleme steht. CBR bezeichnet zum einen eine Methode zur Konzeption von Computersystemen und zum anderen ein Modell zur Beschreibung kognitiver Vorgänge beim Menschen.³ Ihm zu Grunde liegen Roger Schank's „Dynamic Memory Theory“ und Studien zu analogem Schließen.⁴ CBR wird gemeinhin als eine Form des Analogieschlusses oder auch Analogismus betrachtet,⁵ wobei die Quelle der Analogie der eigenen Domäne entspringt (intra-domain analogy).⁶ Zusammenfassend setzte sich für CBR-basierte Systeme im Entwurf der Oberbegriff Case-based Design Systems (CBD-Systems) durch.

Obwohl nicht ursprünglich als CBD-System konzipiert, teilt das beschriebene Projekt durchaus Ansatz und Zielstellung, aber auch Probleme mit in einer Vorgängerstudie untersuchten CBD-Systemen.⁷

Betrachtungen zum Projekt

Mehrwert, aus informationsverarbeitender Sicht allerdings auch größtes Problem des Projektes, liegt in Auswahl und Bewertung der Wohnungsbauprojekte. Projektanspruch war es, nur Projekte zur Aufnahme in die Datenbank zuzulassen, die in mindestens zwei ihrer Eigenschaften als innovativ einzuschätzen sind beziehungsweise mindestens zwei innovative Lösungen für Teilaspekte vorweisen können. Die von den Studierenden vorgeschlagenen Projekte wurden durch intensives und zeitaufwendiges Engagement eines Experten auf dem Gebiet des Wohnungsbaus händisch evaluiert, einzelne

Aspekte als innovativ bestätigt und erst im Anschluss zur Einarbeitung in die Datenbasis freigegeben.

Ein wesentliches Kriterium für diese Entscheidungen, so der Experte, bestand dabei auch in der Qualität des „Bildes der Architektur“ (des Bildmaterials), ein Aspekt, der im Zentrum dieser Betrachtungen stehen soll.

Referenzobjekte im architektonischen Entwerfen

Unumstritten ist wohl, dass Architekten beim Entwerfen aus Erfahrungen schöpfen. Der Begriff Entwurfserfahrung wird in der Literatur ambivalent diskutiert: „... , for the term design experience can be interpreted in multiple ways.“⁸

Als Quellen von Erfahrungswissen in der Architektur werden genannt: Erfahrungen, die durch eigenes Entwerfen gesammelt werden,⁹ Erfahrungen, die beim Beobachten Dritter während des Entwerfens gesammelt werden,¹⁰ Erfahrungen, die durch die Auseinandersetzung mit gebauter Architektur gesammelt werden.¹¹

Dieser letzte Aspekt ist für diese Arbeit von besonderer Bedeutung, da analysierte CBD-Systeme zu einem großen Teil vom gebauten Projekt als Datenquelle (Case/Fall) ausgehen (Abb. 3).

Immer wieder und dies nicht ausschließlich im Zusammenhang mit Case-Based Design wird das gebaute Objekt, das Entwurfsprodukt, als Quelle von Erfahrungswissen genannt oder gar das gebaute Objekt mit Erfahrungswissen gleichgesetzt. Lawson,¹² stellvertretend für zahlreiche andere Quellen,¹³ widmet in *What Designers Know* das Kapitel „Theoretical and experiential knowledge in design“ dem Thema vorangegangener exemplarischer Beispiele – Referenzobjekte – als Quelle von Erfahrungswissen. Er fasst unter dem Begriff „Precedent“ komplette Projekte oder Teile davon, vormals entwickelte Entwurfslösungen desselben Architekten oder berühmter Kollegen, Gebäude, Landschaften und Städte zusammen. Er weist darauf hin, dass Entwerfer während des Entwerfens selbstverständlich und häufig auf diese zurückgreifen.



- Erfahrungen beim Entwerfen
- Erfahrungen beim Beobachten Dritter
- Architektur „erfahren“



Abb. 3: Quellen von Entwurfserfahrung in der Architektur

Unter Referenzobjekt soll in nachstehenden Betrachtungen Folgendes verstanden werden: Referenzobjekte sind gebaute und oder publizierte Architekturobjekte oder bestimmte Aspekte und Teile dieser, welche vor Ort besucht oder aus Medien aufgenommen und vom Entwerfer (auf verschiedene Art und Weise) bewusst zur Unterstützung des architektonischen Entwerfens herangezogen werden.

Lawson betont die zentrale Rolle dieser Objekte in der Lehre und macht außerdem auf den Trend aufmerksam, dass diese Objekte immer häufiger nicht direkt vor Ort, sondern in Magazinen, Zeitschriften, Büchern und im Internet „erfahren“ werden.¹⁴ Internetplattformen wie *greatbuildings.com*, *nextroom.au* sowie *ArchiMedia*, *AGRAM*, *Great Building Collection*¹⁵ erfreuen sich zunehmender Beliebtheit.

Um dem auf die Spur zu kommen, ob und inwieweit diese letzte Herangehensweise das Potenzial besitzt und tatsächlich auch mit dem Ziel betrieben wird, das den gebauten Architekturprojekten unbestritten inhärente Erfahrungswissen zu extrahieren, wurde zunächst eine Kategorisierung der Nutzungsarten vorgenommen. Diese basiert auf der Auswertung relevanter Literatur.

Rolle von Referenzobjekten in der Architektur

Architekten greifen während des Entwerfens auf Referenzobjekte zurück. Dabei ist die Rolle, die diese Projekte im Einzelnen einnehmen, sehr vielschichtig. Es konnten folgende Nutzungsarten ausgemacht werden, wobei für den vorliegenden Beitrag der letzte Aspekt besondere Berücksichtigung verdient:

- Information
- Evaluation
- Kommunikation
- Schlüssel zur Erinnerung – Lieferung von Entwurfsconstraints
- Inspiration.

Goldschmidt und Smolkov¹⁶ reflektieren in ihrer Studie aus dem Jahr 2006 zu Varianzen im Einfluss von visueller Stimulation auf die Problemlösungsperformance von Entwerfern ein Experiment mit ähnlichem Fokus aus dem Jahr 2000.¹⁷

In diesem Experiment wurden Vergleichsgruppen Bildersammlungen, bestehend aus Bildern desselben Themenkreises wie die Entwurfsaufgabe (*within-domain* oder *intra-domain*) und aus Bildern außerhalb dieser zur Unterstützung einer Entwurfsaufgabe zur Verfügung gestellt. Die Auswertung des Experiments zeigte deutlich, dass Entwerfende von diesen visuellen Stimuli profitieren. Goldschmidt und Smolkov leiten aus diesem Ergebnis ab, dass „... they (die Entwerfer, Anm. der Verf.) take advantage of anything in the work environment that may

potentially trigger ideas or lead to an enhanced memory scan, motivated by a cue that suggests itself as useful.“¹⁸

Sie nennen damit zwei der wesentlichen Potenziale der Beschäftigung mit Referenzobjekten, in dieser Studie festgemacht an deren visuellen Repräsentationen: Durch die Auseinandersetzung mit Referenzobjekten während des architektonischen Entwerfens können sowohl Ideen ausgelöst als auch durch angeregtes Nachdenken („memory scan“) potenziell eigene, in der Vergangenheit gemachte Erfahrungen aktiviert werden, die dann zur Entwurfsfindung bereitstehen. In diesem Sinne dienen Referenzobjekte und deren visuelle Repräsentationen als Schlüssel zur eigenen Erinnerung und Erfahrung.

Für die weiteren Betrachtungen ist relevant, dass das Material zu Referenzprojekten, auf welches Architekten Zugriff haben, zu einem großen Teil aus visuellem Material besteht.

Visuelle Analogie

Um den Begriff „Inspiration“ von seiner Mystik zu befreien, soll im Folgenden in aller Kürze der kognitive Vorgang, der dabei maßgeblich stattfindet, reflektiert werden.

Analoges Schließen (Analogieschluss) ist der Transfer von relationalem Wissen aus einer bekannten Situation („Quelle“) auf eine neue, unbekannte Situation, welche Erklärung bedarf („Ziel“). Analogie ist definiert als die Ähnlichkeit von Relationen, wie in A:B wie C:D, A ist mit B verwandt wie C mit D.¹⁹ Bei einem visuellen Analogieschluss sind die Quellen der Analogie visueller, bildhafter Art und eng an das Medium Bild geknüpft. Bildhaftes Denken und das Arbeiten mit visuellen Analogien werden immer als wichtige Hilfe bei der Lösung von Entwurfsproblemen betrachtet.²⁰ Dieses bildorientierte Arbeiten entspricht dem „designerly way of knowing“, der Entwerfer weiß, denkt und arbeitet in visueller Weise.²¹

Zahlreiche Studien belegen, dass das Bilden visueller Analogien während des Entwerfens, unterstützt durch Bildersammlungen, zu einer Verbesserung des Entwurfsprozesses, zu Originalität und Kreativität und zu einer verbesserten Qualität der architektonischen Lösung führt.²²

Interessant ist neben der Frage nach der Quelle des Materials (*within-domain* oder alle Lebensbereiche betreffend), wie dieses Material beschaffen sein muss, um diese Entwurfsstrategie erfolgreich unterstützen zu können.

Qualitätsaspekt, Case-based Design und das digitale Bild

Ein Anspruch, den das vorgestellte Lehrprojekt mit einigen der analysierten CBD-Systeme teilt, ist, dass

nur Projekte „herausragender architektonischer“ Qualität in die Datenbasis Einzug halten sollen.²³ Konkretisiert wird diese Forderung im Projekt durch den grafisch-ästhetischen Anspruch, der an verwendetes Bildmaterial gestellt wird.

Ein Abgleich zwischen kognitivem Modell des CBR, der daraus abgeleiteten konzeptionellen Methode, wissensbasierte Computersysteme zu implementieren, und deren Anwendung in entwurfsunterstützenden Computersystemen in der Architektur (CBD-Systeme) lässt eine deutliche Divergenz sichtbar werden. Im Zentrum des CBR-Paradigmas steht, wie eingangs geschildert, das Lernen und Schöpfen aus Erfahrungen. Die Fallrepräsentation in den Datenbasen zahlreicher analysierter Systeme beschränkt sich, davon abweichend, jedoch auf die Darstellung des bloßen Projektes, Erfahrungswissen wird nicht explizit. Diese Tatsache bedingt die Forderung nach Qualität der, zumeist aus zweiter Hand, also nicht vom Entwurfsarchitekten selbst, eingepflegten Projekte in den Datenbasen (Abb. 4).

Neben der Schwierigkeit (Unmöglichkeit), den Begriff architektonische Qualität eindeutig zu definieren, und der Problematik einer Qualitätsdiskussion in der Architektur darf nicht außer Acht gelassen werden, dass das Potenzial des CBR-Paradigmas gerade darin besteht, aus Fehlern zu lernen, diese zu vermeiden und so potenziell zu besseren Lösungen zu kommen.

Schlussbetrachtung

Die Frage danach, welche Qualität Projekte und deren Repräsentationen in Datenbasen aufweisen müssen, ist eng an die Rolle gekoppelt, welche man ihnen im System einräumt. Inspiration findet der kreative Geist sprichwörtlich auf der Straße. Wissenschaftlich hinterlegt dies u. a. ein Zufallsergebnis einer Studie aus dem Jahr 2006: Das Projekt eines Teilnehmers in einem Experiment zur Bestimmung des Einflusses visueller Stimuli auf Originalität und

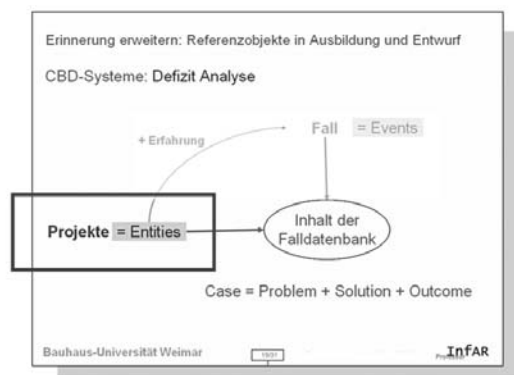


Abb. 4: Defizit bestehender CBD-Systeme

Kreativität von Entwurfslösungen, in einer neutralen Arbeitsumgebung entwerfend, war deutlich von einer zufälligen Unregelmäßigkeit in der Wandoberfläche inspiriert. Ein Loch in der Wand fand seinen Weg in das Projekt als Guckloch in dem zu entwerfenden Trinkbrunnen. „This example stresses the notion that environmental factors can become useful stimuli to the keen eye almost under any circumstances.“²⁴ Wenn die Rolle, die digitalen Bildern eingeräumt wird, jene ist, den Entwerfer zu stimulieren, zu inspirieren, so stellt sich die Frage nach der Qualität der abgebildeten architektonischen Lösung kaum. Gilt es jedoch, darüber hinaus Wissen und Erfahrungen im Sinne des CBR-Paradigmas zu transportieren, ist das Bild mehr als bloße Quelle der Inspiration. Hier ist diese Frage nach der Integration bewertender Faktoren/Kriterien als essenziell einzuschätzen und harret einer befriedigenden Beantwortung. So schließt dieser Beitrag mit einer Bemerkung Rivka Oxmans und Ann Heylighens, die an Aktualität nichts eingebüßt hat: „In order to strengthen the field of Case-Based Design (CBD), it appears that additional theoretical efforts are needed.“²⁵

Anmerkungen:

- 1 Richter, Katharina und Donath, Dirk, *Make a Case – Digital Collections of Precedents in Architectural Education and Design. Changing Trends in Architectural Design Education*, CSAAR 2006, pp. 41.
- 2 Oxman, Rivka und Heylighen, Ann, *A Case with a View – Towards an Integration of Visual and Case-Based Reasoning in Design*, 19th Conference on Education in Computer Aided Architectural Design in Europe eCAADe, Penttilä, Hannus (Hrsg.), Helsinki 2001, pp. 336–341.
- 3 Kolodner, Janet L., *Improving Human Decision Making through Case-Based Decision Aiding*, *AI Magazine* 12 (2, 1991), pp. 52–68; Kolodner, Janet L., *Case-Based Reasoning*, San Mateo 1993, Morgan Kaufman Publishers, Inc.
- 4 Aamodt, Agnar und Plaza, Enric, *Case-Based Reasoning: Foundational issues, Methodological Variations, and System Approaches – AICOM – Artificial Intelligence Communications*, IOS Press 7(1, 1994), pp. 39–59.
- 5 Kolodner, Janet L. (1993), wie Anm. 3; Aamodt, Agnar und Plaza, Enric (1994), wie Anm 4; Heylighen, Ann, *In case of architectural design – Critique and praise of Case-Based Design in architecture*, Faculteit Toegepaste Wetenschappen, Department Architectuur, Stedenbouw en Ruimtelijke Ordening, Leuven, 2000, 232.
- 6 Aamodt, Agnar und Plaza, Enric, wie Anm 4.
- 7 Richter, Katharina und Donath, Dirk, *Augmenting Designers Memory – Revisal of the Case-Based Reasoning Paradigm in Architectural Education and Design*, Electronic Proceedings of the 17th International Conference on the Applications of Computer Science and Mathematics in Architecture and Civil Engineering, Könke, C. (Hrsg.), Weimar 2006; Richter, Katharina und Donath, Dirk,

- Towards a Better Understanding of the Case-Based Reasoning Paradigm in Architectural Education and Design – A Mirrored Review*; Richter, Katharina und Donath, Dirk, wie Anm 1.
- 8 Heylighen, Ann (1998), *Exposure to Experience: On the Role of Experience in Architectural Design Education. Research in Design Education*; Scotford, M. , Marbadi, J.-F. et al. (Hrsg.). Raleigh, NC, Herber Center for Design Excellence, College of Architecture and Environmental Design, pp. 148–151.
 - 9 Heylighen, wie Anm. 8, S. 149; Taha, Dina, *A Case Based Approach to Computer Aided Architectural Design. MONEO: An Architectural Assistant System*, Graduate School, Faculty of Engineering, Alexandria 2006.
 - 10 Heylighen, wie Anm. 8, S. 149.
 - 11 Ebd.
 - 12 Lawson, Brian, *What Designers Know*, Oxford 2004, Architectural Press, Imprint of Elsevier.
 - 13 Goldtschmidt, Gabriela, *Visual Displays for design: Imagery, analogy and databases of visual images*. Visual Databases in Architecture. Koutamanis, Alexander, Timmermans, Harry et al. (Hrsg.), Aldershot, Avebury 1995, pp. 53–74. Taha, Dina, wie Anm. 9.
 - 14 Heylighen, Ann, Martin, W. Mike, et al. (2004), *From repository to resource. Exchanging stories of and for architectural practice. The Journal of Design Research*, Vol 04, Ausgabe 01.
 - 15 Ataman, Osman und Richey, Thomas, *ArchiDATA – A Hypermedia Tool for Architecture*, III Congreso Iberoamericano de Grafico Digital [SIGRAD Conference Proceedings] September 29th–October 1st. Montevideo 1999, pp. 496–500.
 - 16 Goldtschmidt, Gabriela und Smolkov, Maria, *Variances in the impact of visual stimuli on design problem solving performance*, Design Studies 2006.
 - 17 Casakin, Hernan und Goldtschmidt, Gabriela, *Reasoning by visual analogy in design problem-solving: the role of guidance*, Journal of Planning and Design: Environment and Planning B, 27 (2000), pp. 105–119.
 - 18 Goldtschmidt, Gabriela und Smolkov, Maria, wie Anm. 16, S. 5.
 - 19 Casakin, Hernan, *The role of analogy and visual displays in architectural design*, Haifa 1997, Technion-Israel Institute of Technology; Casakin, Hernan, *Expertise and the use of visual analogy: implications for design education*, Design Studies 20 (1999), pp. 153–175.
 - 20 Goldtschmidt, Gabriela, wie Anm. 13.
 - 21 Cross, Nigel, *Designerly Ways of Knowing*, Design Studies 3 (1982), pp. 221–227.
 - 22 Casakin, Hernan (1998). http://horta.ulb.ac.be/studentpublic/Cours-0506/PProjet4/Sujets_Travaux/1_Cognition/Analogie%20en%20conception%20architecturale/04_PCowez_Arizzo_CDocquier_LTryssoone_Mtrzcinski/Hernan%20Casakin_theroleofanalogy.doc (01.03.07). (zuletzt besucht am: 01.03. 2007). Leclercq, Pierre und Heylighen, Ann, 5,8 *Analogies Per Our*, AID'02 Artificial Intelligence in Design 2002; Gero, John S. s (Hrsg.), Kluwer Academic, Dordrecht (The Netherlands), pp. 285–303. Smolkov, Maria (2004). www.graduate.technion.ac.il/Theses/Abstracts.asp?Id=14511 (01.03.2007). (zuletzt besucht am: 08.06. 2006). Goldtschmidt, Gabriela und Smolkov, Maria, wie Anm. 16.
 - 23 Goldtschmidt, Gabriela, wie Anm. 13; Schmitt, Gerhard N., *Architectura cum machina interaction with architectural cases in a virtual design environment*, Visual Databases in Architecture. Koutamanis, Alexander, Timmermans, Harry et al. (Hrsg.), Aldershot, Avebury 1995, pp. 113–128. Donath, Dirk (2003), BBR Forschungsantrag „Innovative Wohnungsbauprojekte und bewährtes Wohnen – Falldatenbank“ –, Weimar: 5. Donath, Dirk und Stamm-Teske, Walter (2003). <http://www.uni-weimar.de/wohnungsbauaspekte>. (zuletzt besucht am: 10.03. 2007).
 - 24 Goldtschmidt, Gabriela und Smolkov, Maria, wie Anm. 16, S. 17.
 - 25 Oxman, Rivka und Heylighen, Ann, wie Anm. 2, S. 336.